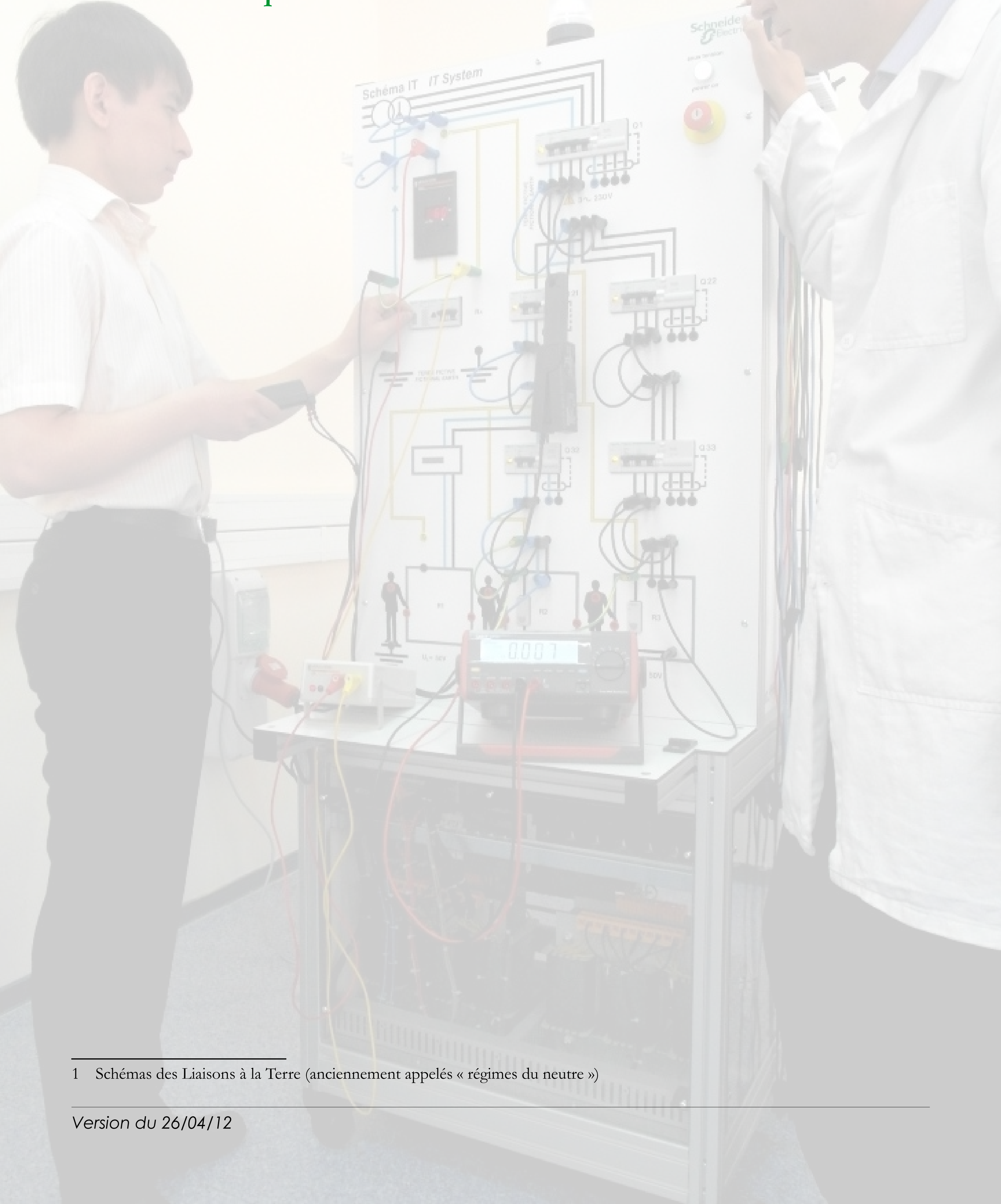
Centre de formation kazakhstano-français aux métiers de l'énergie, de l'électricité et de la maintenance des systèmes automatisés — Schneider Electric
Université Nationale Technique Kazakhe K.I. Satpaev • 22, rue Satpaev - 050013 Almaty, Kazakhstan

Laboratoire de d'électrotechnique — **Banc d'étude des SLT[1]** (MDG99605)

Notice didactique



1 Schémas des Liaisons à la Terre (anciennement appelés « régimes du neutre »)

Version du 26/04/12

Table des matières

1 – Présentation générale

▣ Le banc est destiné à l'étude des **Schémas des Liaisons à la Terre** (SLT) désignés **TT**, **TN** et **IT** selon la norme CEI 60 364. Il permet de simuler une installation électrique dont le schéma est représenté sur chacune des deux faces de travail du banc ; la distribution des récepteurs électriques y est modulable et le **conducteur PE vert-jaune** peut être raccordé de différentes manières, conformément à chaque SLT.

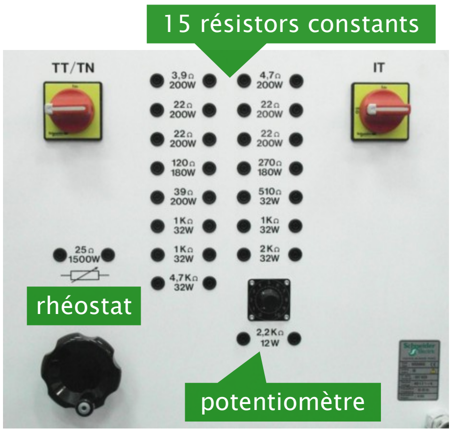
Les deux faces de travail du banc sont presque identiques. Elles sont utilisables simultanément :

- La **face A** est dédiée à l'étude des schémas **TT** et **TN** ;
- La **face B** est dédiée à l'étude du schéma **IT**.

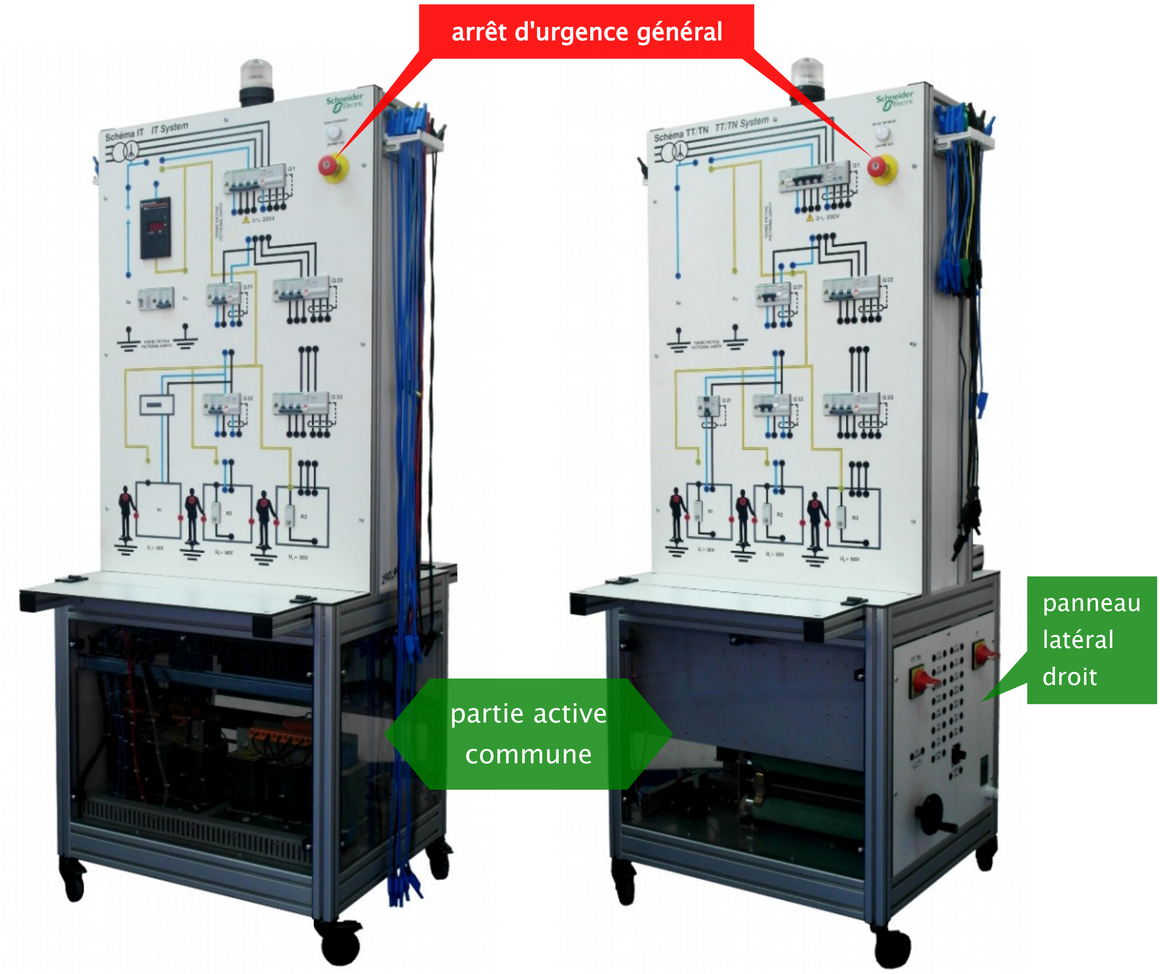
Les deux faces partagent la même partie opérative, située dans le caisson inférieur du banc, et constituée de **divers résistors** (dont un rhéostat à manivelle 1-24 Ω et un potentiomètre 0-2.3 kΩ). Les bornes de ces résistors sont reliées à des douilles de sécurité placées en bas du banc sur le **panneau latéral droit**.

▣ Les **interrupteurs-sectionneurs** de mise hors /sous-tension de chaque face sont aussi situés sur le panneau latéral droit.

Sur chaque face de travail, l'appui sur le bouton coup-de-poing d'**arrêt d'urgence général** à verrouillage à clef met hors tension l'ensemble du banc (donc, les deux faces simultanément).



panneau latéral droit



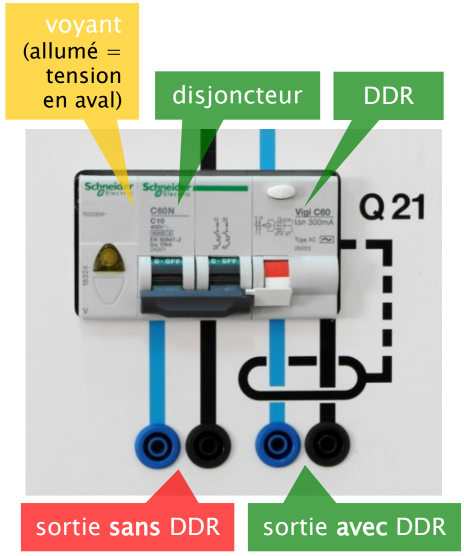
face B (schéma IT) **face A** (schémas TT/TN)

▣ Le banc SLT est prévu pour simuler un réseau de distribution électrique hiérarchisé sur 3 niveaux. Chaque niveau comporte un ou plusieurs groupes d'appareils de protection, désignés Q1, Q2X, Q3X (X = 1, 2 ou 3), le premier chiffre indiquant sa position hiérarchique dans le réseau. Excepté Q31 sur la face A (qui est un interrupteur différentiel), chaque groupe comporte :

- un **disjoncteur magnéto-thermique**,
- un **dispositif différentiel à courant résiduel** (DDR).

De plus, un voyant signale la présence de tension en aval de chaque groupe d'appareils.

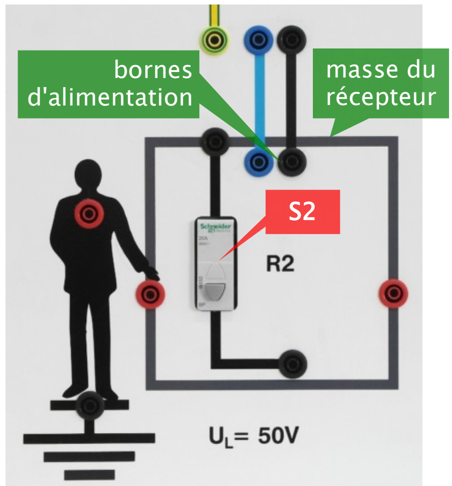
Le raccordement des appareils au réseau s'effectue via des douilles sécurisées en amont et en aval. Sauf pour Q31, les douilles en aval sont systématiquement doublées pour câbler la sortie **avec** ou **sans utilisation du DDR**.



Les disjoncteurs et les DDR sont d'autant plus sensibles aux défauts qu'ils sont proches des **3 récepteurs** de l'installation. Ces derniers (R1 et R2 monophasés, R3 triphasé) sont situés en bas de chaque face de travail. Ils sont simplement constitués de **bornes d'alimentation** (douilles) et d'un cadre noir conducteur simulant leur **masse métallique** (avec 3 douilles de connexion).

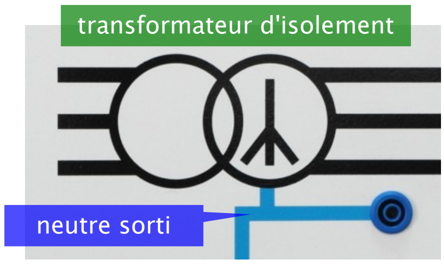
▣ L'étude des SLT consiste à **simuler des défauts d'isolement** *de mode commun* (entre la masse et un conducteur actif) dans les récepteurs. Pour chacun, un **bouton-poussoir** (S) est prévu à cet effet : sa borne haute étant déjà reliée à la masse, si l'on connecte la borne basse une borne d'alimentation, l'appui sur le bouton simulera un tel défaut d'isolement.

Des **personnes** – les pieds en contact avec la terre et la main touchant une masse – sont également schématisées et matérialisées par des douilles sécurisées (rouges) en deux points du corps (main, cœur).



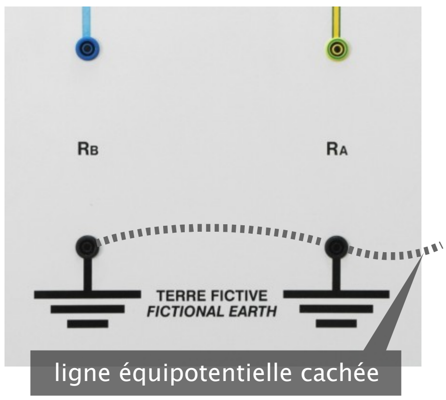
En reliant ces douilles via des résistors, on peut simuler les conditions d'électrisation d'une personne.

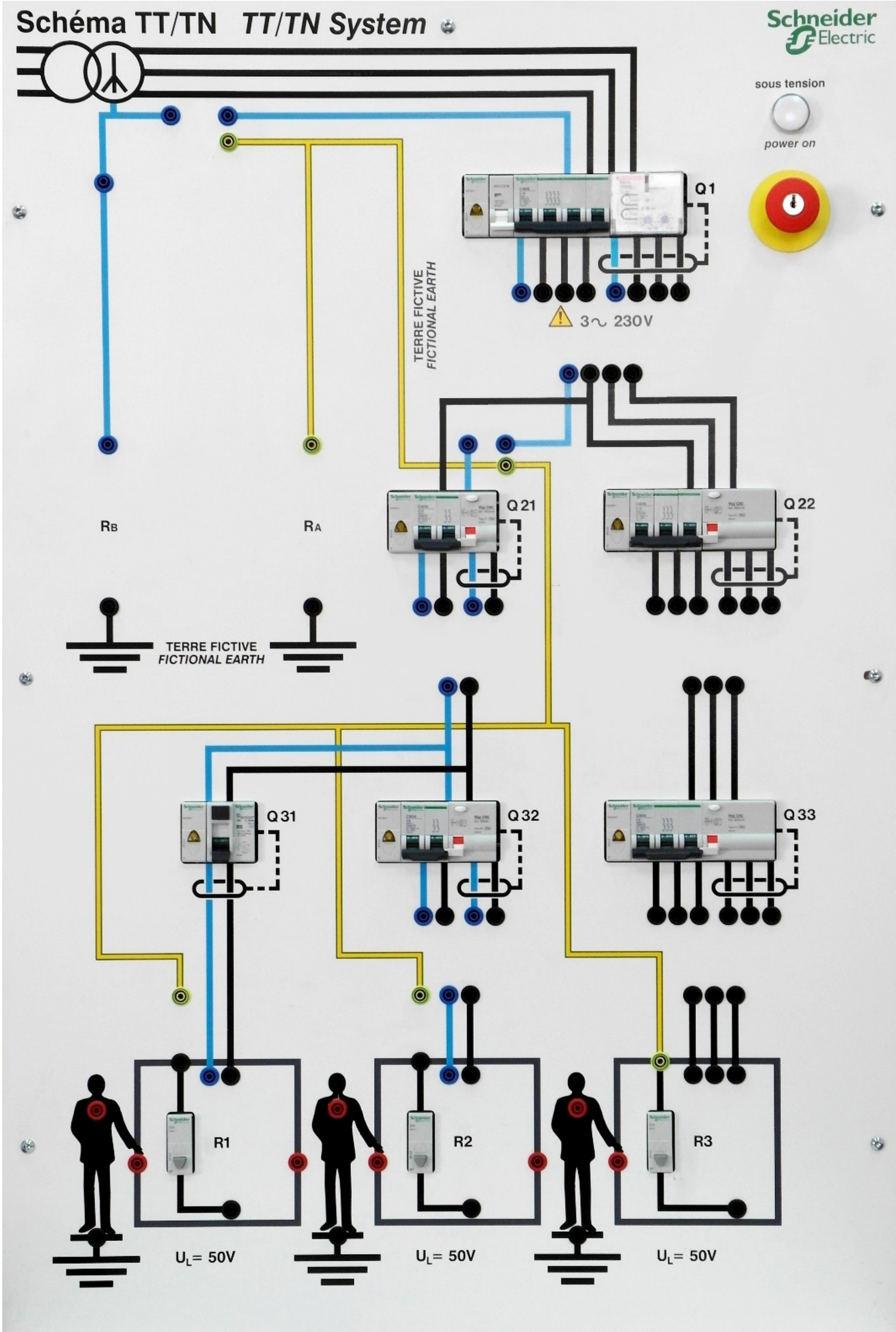
▣ Pour ne pas perturber le réseau électrique du laboratoire avec les courants de défauts générés sur le banc, chaque face de travail a sa ligne d'alimentation principale **isolée par un transformateur** avec **neutre sorti** au secondaire. Ce transformateur doit être vu comme la source d'électricité de l'installation simulée.



Pour une plus grande durée de vie des appareils, il s'agit d'un transformateur triphasé Δ-Y, qui abaisse les tensions simples du secondaire à **130 V.** Les courants de court-circuit sont ainsi diminués par rapport à la réalité dans les réseaux monophasés 230 V. Cette différence ne doit pas être négligée dans l'interprétation des mesures en travaux pratiques.

Sur chaque face, la terre du laboratoire n'est pas accessible. Les **5 prises de terre** représentées sont **fictives** et simplement reliées entre elles par un conducteur (**ligne équipotentielle cachée**). On peut alors choisir, selon le SLT, de la relier ou non au neutre du secondaire du transformateur, via un résistor pour simuler la résistance de terre R_B. Idem pour le conducteur vert-jaune et la résistance de terre R_A.





vue d'ensemble de la face A

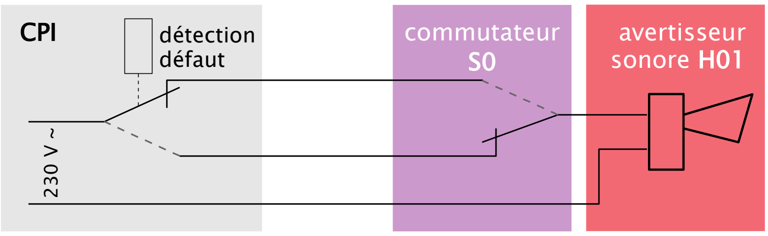
2 – Spécificités de la face B

▣ La mise en œuvre du schéma IT nécessite obligatoirement la présence d'un **contrôleur permanent d'isolement** (CPI) sur le réseau. Sur le banc, le CPI est un **module Vigilohm TR22A** associé à un **avertisseur sonore** et un **voyant lumineux** externe (en redondance de la diode électro-luminescente du CPI) qui signalent tout défaut d'isolement sur le réseau de l'installation.



Le CPI est alimenté par une tension composée immédiatement en aval du transformateur (230 V). Sa mise en service se fait directement par la fermeture du disjoncteur bipolaire **Q0** qui assure sa protection (0,5 A).

Le **commutateur à deux positions** constitue un « va-et-vient » entre le contact (interne au CPI) de signalisation de défaut et l'avertisseur sonore.



Ce système permet :

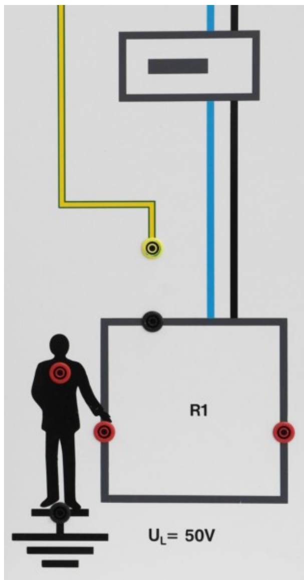
1. de **couper le signal sonore** pour effectuer la recherche de défaut sans être gêné par son bruit ;
2. de **localiser le défaut**, par la reprise du signal sonore après l'ouverture de tout disjoncteur en amont, c'est-à-dire après élimination du défaut par coupure de la branche où il se situe.

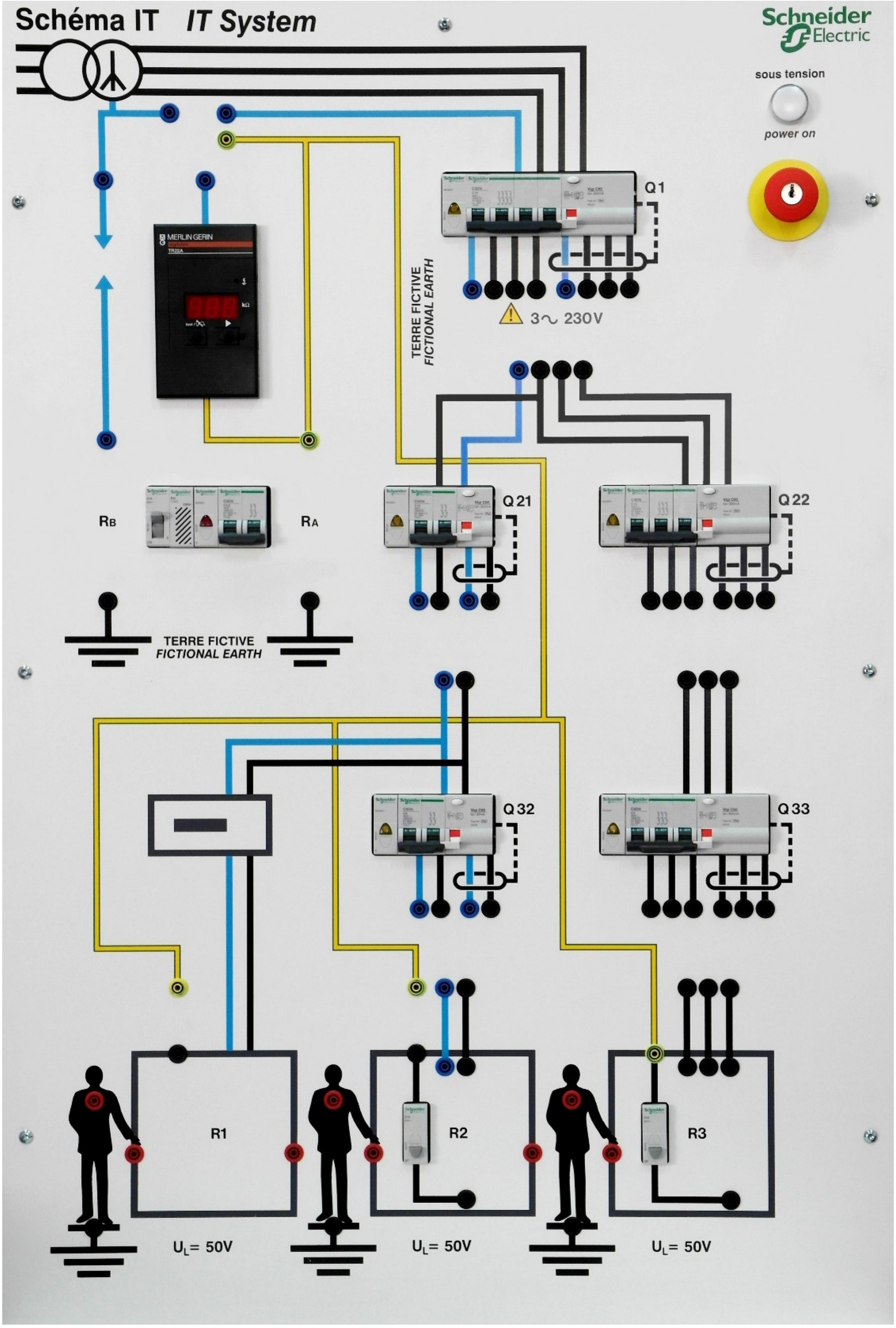


▣ Le schéma IT ne nécessite pas de DDR sauf de façon complémentaire lorsque le conducteur PE est résistif (cas d'un « départ long »). Pour cette raison, le relais différentiel à tore séparé Vigirex RH99M associé à Q1 sur la face A est remplacé sur la face B par un simple déclencheur différentiel à moyenne sensibilité (300 mA).



▣ Le récepteur R1 n'est pas distribué par des douilles d'alimentation. Sa masse est néanmoins représentée pour simuler un défaut d'isolement avec celle du récepteur R2.





vue d'ensemble de la face B

3 – Détails des appareils

3.1. Liste des appareils de protection visibles sur les faces de travail

symbole	face(s)	pôles	disjoncteur	dispositif différentiel à courant résiduel (DDR)
Q0	B	2	C60N C0,5	–
Q1	A	4	C60N C16	relais différentiel Vigirex RH99M + déclencheur MX+OF
	B			déclencheur différentiel Vigi C60 300 mA
Q21	A–B	2	C60N C10	déclencheur différentiel Vigi C60 300 mA
Q22	A–B	3	C60N C10	déclencheur différentiel Vigi C60 300 mA
Q31	A	2	–	interrupteur différentiel ID 10 mA
Q32	A–B	2	C60N C6	déclencheur différentiel Vigi C60 30 mA
Q33	A–B	3	C60N C6	déclencheur différentiel Vigi C60 300 mA

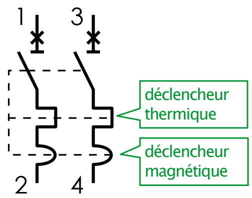
3.2. Disjoncteur sectionneur magnéto-thermique modulaire (gamme C60N)

▣ ***Famille :*** appareil de connexion et de protection (norme CEI 60947-2)

▣ ***Caractéristiques***

- nombre de **pôles** : **1 – 4**
- tension assignée 230 ou 400 V ∼
- courant assigné (**calibre** I_n) : **0,5 – 63 A**
- pouvoir de coupure ultime I_{cu} : 10 kA
- **courbes** de déclenchement : **B, C, D, K, Z**

exemple : C60N **C20** : I_n = **20 A**, courbe **C**







▣ ***Fonctions***

- **isolement** du circuit aval (coupure pleinement apparente **O – I**)
- **protection** du circuit par disjonction par :
  - déclenchement **magnétique** contre les fortes surintensités résultant de **courts-circuits**
  - déclenchement **thermique** contre surintensités longues résultant de **surcharges**

Remarque : un disjoncteur n'est pas un dispositif de commande, il n'est pas conçu pour supporter un grand nombre de manœuvres en charge comme un contacteur.

▣ ***Courbes de déclenchement***

La courbe de déclenchement exprime, en coordonnées logarithmiques, le temps de coupure *t* en fonction de l'intensité *I* du courant (valeur efficace). Elle présente deux parties selon la valeur de *I* :

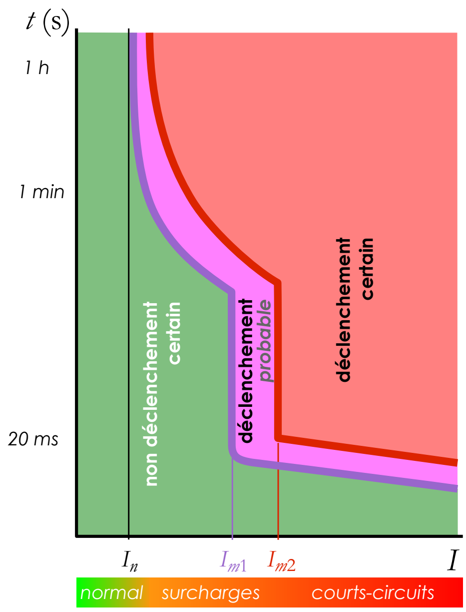
- pour $I_n < I < I_m$ (domaine des surcharges), la partie « **thermique** », qui est décroissante à partir de l'asymptote $I = I_n$; cette partie donne le temps *t* durant lequel le courant doit se maintenir à la valeur efficace *I* pour que le déclenchement ait lieu (dont la durée est négligeable) ;
- pour $I \geq I_m$ (domaine des courts-circuits) la partie « **magnétique** », qui est d'abord une droite verticale issue de la partie thermique qui descend jusqu'à environ 20 ms, puis une droite faiblement décroissante ; cette partie donne le temps minimal de coupure *t* (que l'on interprète sur un oscillogramme comme la durée entre l'instant du pic de courant déclencheur correspondant la valeur efficace *I* et la quasi extinction du signal du courant).

En fait, il existe toujours une incertitude sur l'intensité du courant déclencheur et le temps de coupure. On définit donc deux courbes de déclenchement presque parallèles, qui délimitent respectivement la **zone de non déclenchement certain** et la **zone de déclenchement certain**. Entre ces deux courbes, le déclenchement est seulement *probable*. Les seuils de déclenchement magnétique sont notées I_{m1} et I_{m2}.

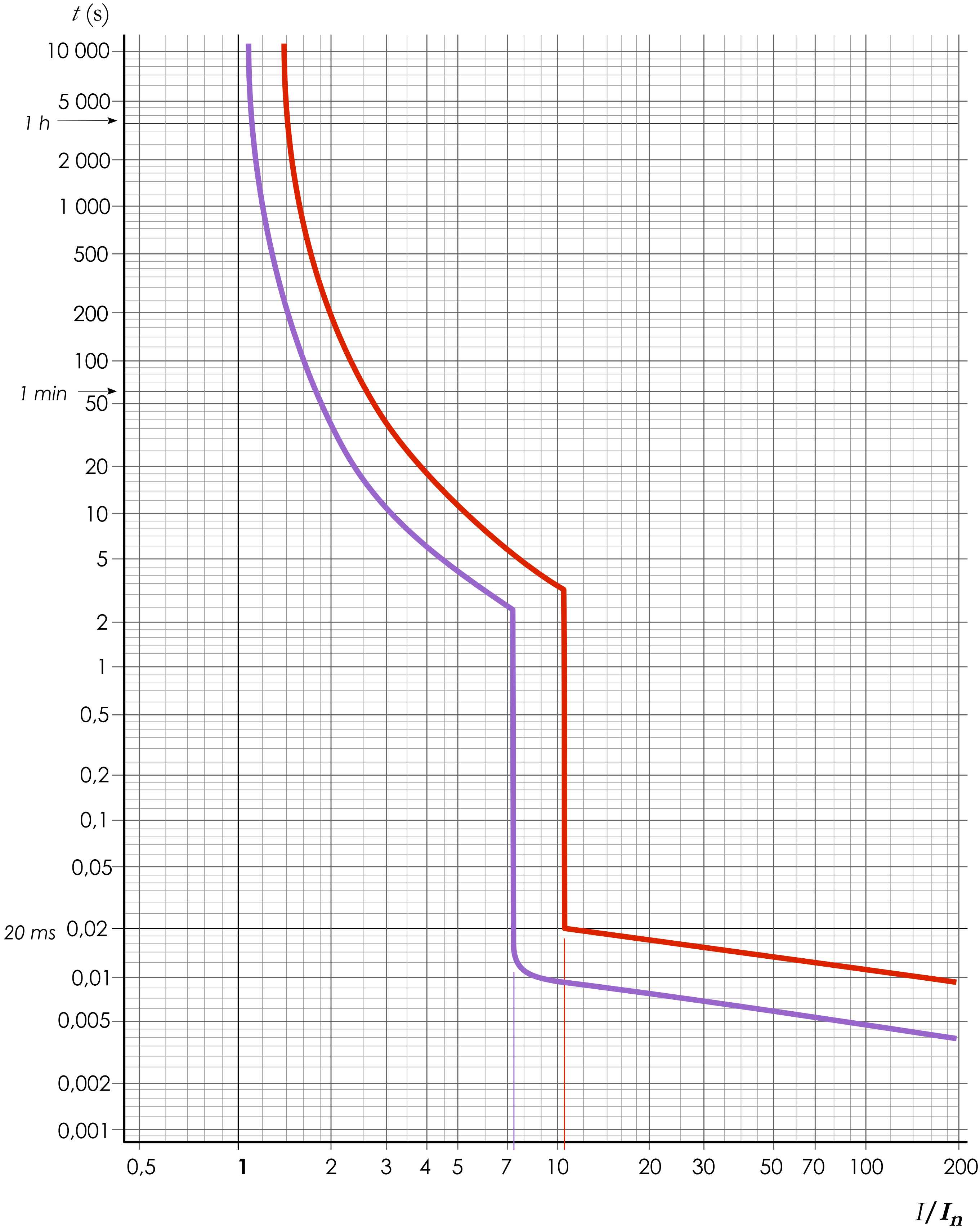
On définit alors différents types de courbes, selon les valeurs I_{m1} et I_{m2} en rapport avec I_n, notamment :

- les courbes **Z** : $I_{m1} = 2{,}4\ I_n$ et $I_{m2} = 3{,}6\ I_n$
- les courbes **B** : $I_{m1} = 3{,}2\ I_n$ et $I_{m2} = 4{,}8\ I_n$
- les courbes **C** : $I_{m1} = 5$ ou $7\ I_n$ et $I_{m2} = 10\ I_n$
- les courbes **D** ou **K** : $I_{m1} = 10\ I_n$ et $I_{m2} = 14\ I_n$

Le choix du type de courbes dépend de l'intensité du courant d'appel à la mise sous tension des récepteurs, ou de la sélectivité recherchée entre différents niveaux de l'installation.



▣ ***Courbes de déclenchement des disjoncteurs Schneider Electric C60N courbe C***



courbes C : $I_{m1} = 7\,I_n$ & $I_{m2} = 10\,I_n$

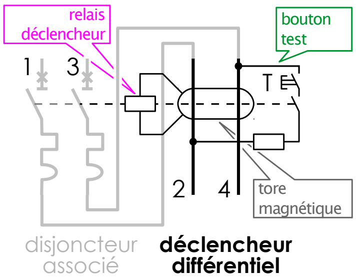
3.3. Déclencheur différentiel électromécanique à courant résiduel (gamme Vigi C60)

▣ ***Famille :*** appareil de connexion et de protection (norme CEI 60947-2)

▣ ***Caractéristiques***

- nombre de **pôles** : **1+N**, **2** – **4**
- tension assignée : 230 ou 400 V ∿
- courant assigné : 25, 40, 63 A
- **sensibilité** ($I_{\Delta n}$) : **10**, **30**, **300**, **1000** mA
- **instantané** ou **sélectif** (symbole S)
- **type** : **AC**, **A** ou **A SIE***

**Spécial Influence Externe*





▣ ***Fonctions :*** protection **contre les défauts d'isolement** par déclenchement électromécanique **instantané** ou **sélectif** (retardé pour assurer une sélectivité verticale)

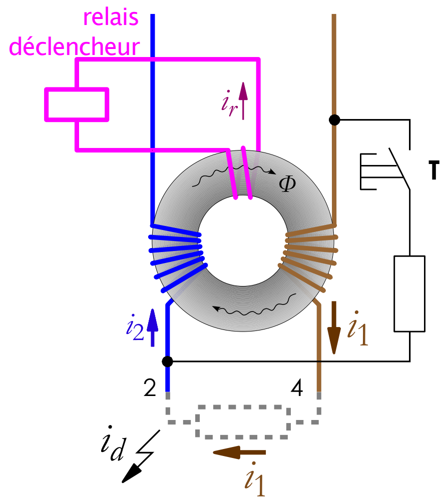
- protection des personnes contre les contacts indirects
- protection des personnes contre les contacts directs (choisir $I_{\Delta n}$ = **10** ou **30 mA**)
- protection des installations électriques (risques d'incendies provoqués par courant de défaut)

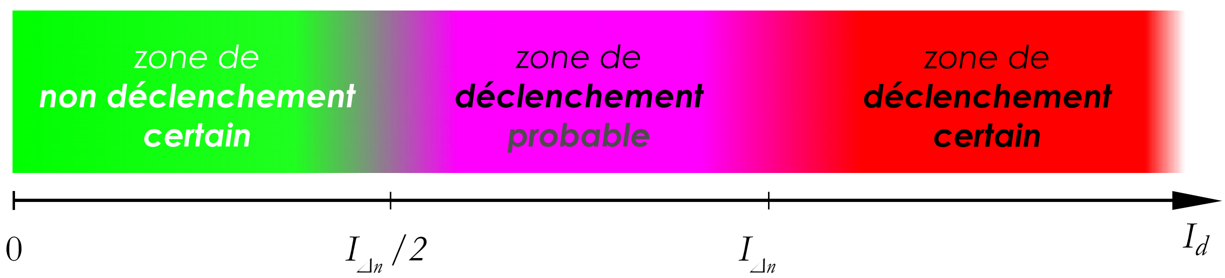
▣ ***Remarques***

- doit être **associé à un disjoncteur magnéto-thermique** de type C60 pour constituer un disjoncteur différentiel conforme à la norme CEI 60 947-2
- intègre dans son boîtier le capteur différentiel (bobine) et le relais déclencheur
- fonctionne sans source d'énergie auxiliaire
- doit être testé régulièrement avec le bouton « T »
- est protégé contre les déclenchements intempestifs dus aux surtensions passagères

▣ ***Rappels sur le déclenchement des DDR électromécaniques***

- Tout DDR est caractérisé principalement par son courant différentiel nominal ou **sensibilité** $I_{\Delta n}$. Il doit se déclencher lorsque le courant de défaut I_d (c'est-à-dire la différence entre le courant de départ I_1 et le courant de retour I_2 dans le disjoncteur) dépasse la valeur de $I_{\Delta n}$.
- En réalité, du fait de la technologie électromécanique, un tel DDR a un seuil de fonctionnement (déclenchement) $I_{\Delta f}$ variable. Mais par construction, ce seuil est toujours encadré entre les valeurs $I_{\Delta n}/2$ et $I_{\Delta n}$, ce qui permet de définir **3 domaines** : non déclenchement certain, déclenchement probable, déclenchement certain (voir figure ci-dessous).





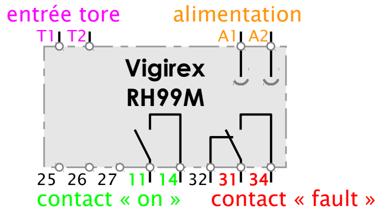
3.4. Relais de protection différentielle à tore séparé (gamme Vigirex RH)

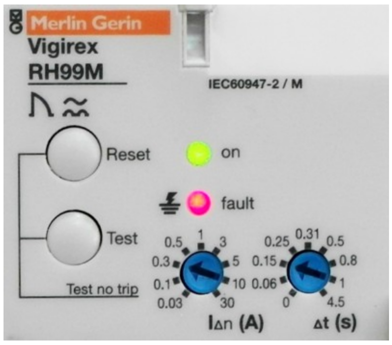
▣ ***Famille :*** appareil de connexion et de protection (norme CEI 60947-2)

▣ ***Caractéristiques***

- pour réseaux < **1 kV** (50/60/400 Hz)
- **tension** d'alimentation : 12 – 510 V
- seuil(s) de sensibilité ($I_{\Delta n}$) : **1**, **2**, **9**
- seuil(s) de temporisation (**Δ*t***) : **0**, **1**, **9**

  exemple : RH**99** : **9** seuils $I_{\Delta n}$, **9** seuils $I_{\Delta t}$





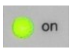
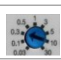
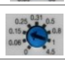
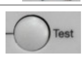
▣ ***Fonctions :*** protection **contre les défauts d'isolement** par déclenchement électronique programmé, y compris avec les courants à composante continue (protection type « AC » ∿ et « A » ⩘)

- protection des personnes contre les contacts indirects
- protection des personnes contre les contacts directs (régler $I_{\Delta n} \leq$ 30 mA)
- protection des installations électriques (risques d'incendies provoqués par défaut)

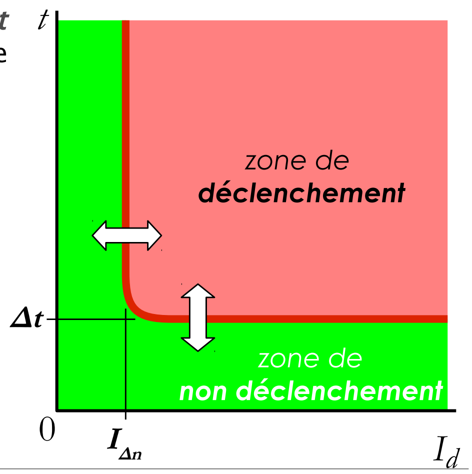
▣ ***Remarques***

- pour constituer un disjoncteur différentiel conforme à la norme CEI 60 947-2, doit être associé à :
  - un **capteur** (tore ou cadre sommateur) pour détecter les courants de défaut
  - un **déclencheur** à minimum de tension (MN) ou à émission de courant (MX)
  - un **disjoncteur** magnéto-thermique
- fonctionne avec une **source d'énergie auxiliaire** (alimentation séparée du réseau qu'il protège)
- est protégé contre les déclenchements intempestifs dus aux surtensions passagères et aux courants de fuite transitoires (symbole ⎍)

▣ ***Mode d'emploi du module Vigirex RH99M***

voyant lumineux 	**allumé *fixe*** ⇒ le module est alimenté (contact 11-14 fermé)
voyant lumineux 	**allumé *fixe*** ⇒ occurrence d'un déclenchement (fermeture du contact 31-34)
réglage de la **sensibilité** 	règle le seuil nominal $I_{\Delta n}$ (en A) du courant différentiel de déclenchement
réglage de la **temporisation** 	retarde de Δt (en s) le déclenchement après un dépassement du seuil $I_{\Delta n}$
bouton-poussoir 	ferme le contact 31-34 comme en cas de déclenchement
bouton-poussoir 	ouvre le contact 31-34 pour réarmer le relais

- **Test sans déclenchement** : un *appui simultané sur* « Test » *et* « Reset » permet de tester le bon fonctionnement du module sans fermeture du contact 31-34 (« Test no trip »).
  - le disjoncteur ne s'ouvre pas
  - le voyant « fault » s'allume
  - un réarmement est nécessaire après (appui sur « Reset »)
- **Dysfonctionnements**
  - voyant « on » **fixe** et voyant « fault » **clignotant** :
    ⇒ *le capteur est défectueux*
  - voyant « on » **éteint** et voyant « fault » **fixe** :
    ⇒ *fonctionnement anormal*

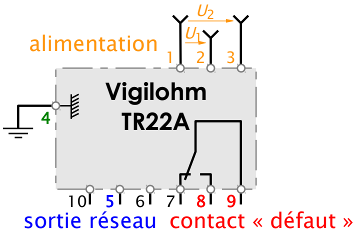


3.5. Contrôleur permanent d'isolement (Vigilohm TR22A)

▣ ***Famille :*** appareil de détection

▣ ***Caractéristiques***

- pour **réseaux <1,7 kV ∿**
- 2 tensions d'alimentation U_1 ou U_2
  (230 V/400 V pour la réf. 50396)
- seuil(s) de déclenchement :
  15 valeurs de **0,7 à 100 kΩ**





▣ ***Fonction :*** détecte les **défauts d'isolement** (inférieurs au seuil de résistance réglé) dans les installations **en schéma IT**

Tout défaut signalé doit alors faire l'objet, dans les 8 heures qui suivent, d'une recherche et d'une remédiation par un personnel spécialisé avant l'apparition d'un 2e défaut (un CPI n'assure aucune protection contre les défauts qu'il détecte).

▣ ***Principe de fonctionnement***

- applique en permanence entre la sortie vers le réseau (borne 5, 6 ou 10) et la terre (borne 4) une **tension continue**
- mesure le **courant continu** résultant de cette tension
- calcule par la loi d'Ohm la **résistance d'isolement** du réseau ; la valeur est indiquée sur l'afficheur digital en kΩ
- signale (allumage de la diode rouge et fermeture du contact 8-9) si cette résistance est inférieure à une **valeur seuil** préalablement enregistrée, interprétée comme l'occurrence d'un défaut d'isolement

▣ ***Remarques***

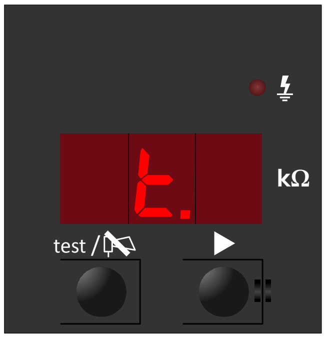
- doit être associé à des **appareils de signalisation** (voyant lumineux externe et avertisseur sonore reliés au contact 8-9) pour alerter le personnel affecté à la surveillance de l'installation
- fonctionne avec une **source d'énergie auxiliaire** (de préférence secourue)
- 3 **sorties vers le réseau** sont possibles : au **neutre** (5), aux **phases** (6) ou à une **impédance** (10)
  (les sorties 6 et 10 nécessitent les platines spéciales de raccordement respectives S3 et P1)

▣ ***Mode d'emploi du module Vigilohm TR22A***

	diode (DEL) rouge « **défaut** » (signale un défaut d'isolement, un test en cours ou un mode dégradé)
test /	bouton-poussoir de **test** et d'**arrêt de la signalisation sonore**
▶	bouton-poussoir de **réglage de la valeur seuil** de résistance de défaut

- **Exploitation (service normal)**
  - affichage de la valeur courante de la résistance d'isolement du réseau
  - signalement de tout défaut d'isolement perdurant plus d'une seconde :
    - allumage de la diode rouge
    - fermeture du contact 8-9
  - le défaut reste signalé 5 secondes après sa disparition
  - en cas de défaut détecté, un appui sur le bouton test / provoque l'ouverture du contact 8-9 et l'affichage clignotant du seuil durant 7 s (mais la diode rouge reste allumée pour signaler le défaut)





- **Test manuel et automatique**
  - test **automatique** (auto-test) à la *mise sous tension* puis *toutes les 6 heures*
  - test **manuel** par appui long (> 8 secondes) sur le bouton test /
  - durée d'environ 15 secondes
  - **test manuel correct** :
    - affichage 888 ‣ allumage de la diode rouge ‣ fermeture du contact 8-9 *durant 5 secondes*
    - retour au mode d'exploitation en service normal
  - **test manuel ou automatique incorrect** :
    - affichage du message Err ‣ allumage de la diode rouge
    - couper brièvement l'alimentation du CPI pour refaire un test

- **Visualisation du seuil de résistance de défaut (en mode d'exploitation)**
  - faire un appui court (< 8 secondes) sur le bouton test /
    - affichage clignotant de la valeur réglée du seuil de la résistance de défaut durant 7 s.
    - retour à l'affichage de la valeur de la résistance d'isolement

- **Réglage de la valeur seuil de la résistance de défaut**

Le seuil de résistance de défaut est la valeur minimale acceptable pour la résistance du réseau, en dessous de laquelle l'utilisateur considère qu'un défaut d'isolement s'est réellement produit (et non pas un phénomène de fuite dû au fonctionnement normal du réseau). Les 15 valeurs réglable (en kΩ) sont :

0.7	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	10	15	20	25	30	50	75	100

Pour les réseaux de taille courante, (90% des cas), la valeur préconisée pour le seuil est de **2 kΩ**. Pour les réseaux très étendus, il faut diminuer le seuil (p. ex. 1 kΩ pour un réseau de longueur totale 15 km) ; au contraire, pour les petits réseaux (quelques récepteurs), le seuil sera porté à 5 ou 10 kΩ.

Le réglage du seuil peut-être consigné par la pose d'un scellé sur les pattes du bouton-poussoir de réglage.

Procédure de réglage :

- appuyer sur le bouton-poussoir ▶ *sans le relâcher*
  - la valeur du seuil en clignote et augmente toutes les 2 secondes
- relâcher le bouton-poussoir à la valeur souhaitée
  - le nouveau seuil clignote 8 secondes puis reste affiché 4 secondes
  - retour à l'affichage de la valeur de la résistance d'isolement

- **Mode dégradé en cas de composante continue du courant sur le réseau**
  - allumage de la diode rouge
  - affichage de dc⊢ ou dc- selon la polarité de la composante détectée

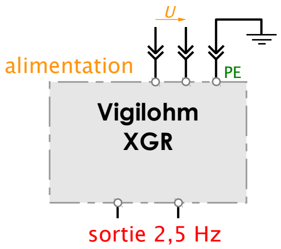


3.6. Générateur mobile pour localisation de défauts d'isolement (Vigilohm XGR)

▣ ***Famille :*** générateur de tension (basse fréquence)

▣ ***Caractéristiques***

- pour réseaux
  < **760 V** ∿ (45–440 Hz) ou **500 V** ⎓
- tension d'alimentation :
  U = **230 V** ∿ 45–440 Hz
- tension de sortie **2,5 Hz**
- courant injecté **2,5 mA maxi.**





▣ ***Fonction :*** génère une **tension spécifique** (alternative en créneaux de 100 V) pour produire un courant qui sera détecté par un récepteur mobile en vue de **localiser un 1e défaut d'isolement** dans une installation **en schéma IT**, sans empêcher son fonctionnement normal.

▣ ***Principe de fonctionnement***

- applique entre ses 2 bornes de sortie une **tension alternative basse fréquence** (2,5 Hz).
- se branche **en parallèle du contrôleur permanent d'isolement** (CPI) du réseau sans distinction de polarité (une borne sur le neutre isolé du réseau, une borne à la terre)

▣ ***Remarques***

- est associé au récepteur mobile Vigilohm XRM pour identifier la branche où se situe le défaut d'isolement détecté par le CPI
- peut être connecté à une phase au lieu du neutre si la tension du réseau ne dépasse pas 440 V
- fonctionne même avec une impédance de limitation

▣ ***Mode d'emploi du générateur mobile Vigilohm XGR***

	interrupteur d'arrêt (**O**) / mise en service (**I**) (au dos de l'appareil)
	bornes de sorties (douilles de sécurité ∅4 mm)
	diodes rouges de visualisation de la polarité de la tension de sortie

- **Exploitation**
  - en fonctionnement normal, **les 2 diodes rouges s'allument et s'éteignent en alternance** selon la polarité de la tension de sortie (période 0,4 s.)

3.7. Récepteur mobile pour localisation de défauts d'isolement (Vigilohm XGM)



▣ ***Famille :*** appareil de détection

▣ ***Caractéristiques***

- pour réseaux
  < **760 V ∿** (45-440 Hz) ou **500 V ⎓**
- alimentation : batterie 9V
  (idem pour la pince XP15)

▣ ***Fonction :*** affiche le niveau d'isolement d'une branche de réseau en association avec un CPI ou un générateur mobile en vue de **localiser un 1e défaut d'isolement** dans une installation **en schéma IT**, sans empêcher son fonctionnement normal.

▣ ***Principe de fonctionnement***

- mesure, dans un conducteur ou un faisceau de conducteurs, grâce à une pince ampèremétrique, l'intensité du courant de défaut basse fréquence (2,5 Hz) crée par un CPI (série Vigilohm XM) ou par un générateur mobile (Vigilohm XGR)
- **affiche une valeur de 0 à 19** d'autant plus élevée que l'intensité mesurée est forte

▣ ***Remarques***

- doit être **étalonné** sur le fil du neutre en sortie du générateur ou du CPI, avant toute recherche
- peut recevoir l'une des **3 pinces ampèremétriques** Vigilohm : XP12 (∅15), XP50 (∅50), XP100 (∅100)
- la pince doit être déconnectée du réseau avant tout branchement/débranchement sur le récepteur
- la mesure d'un câble, selon qu'il est blindé ou non, nécessite des précautions d'emploi (cf. notice)

▣ ***Mode d'emploi du récepteur mobile Vigilohm XRM***

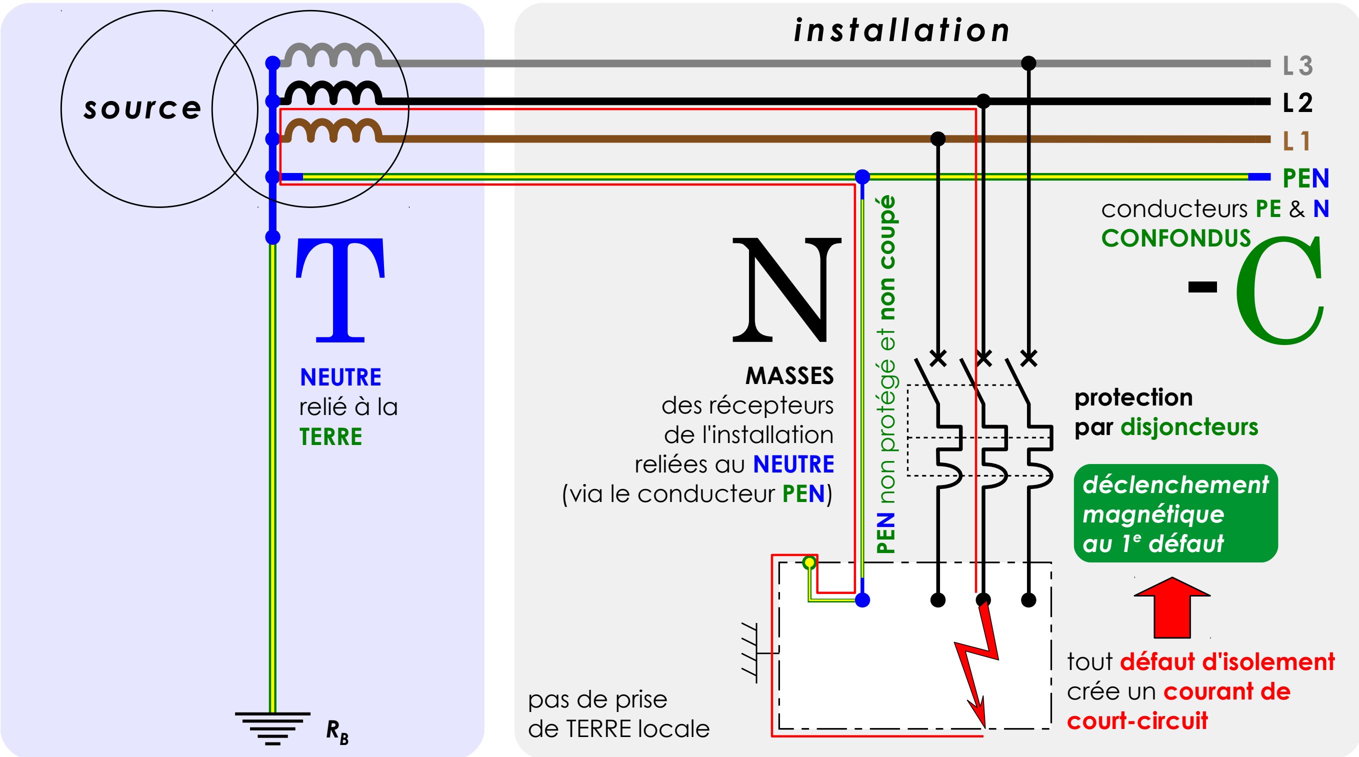
	bouton-poussoir « on » de déclenchement de la mesure (à maintenir appuyé 6 secondes environ)
	**roue de réglage** de la sensibilité (se manœuvre avec le bout des doigts ou un petit tournevis)
	**bornes d'entrée** de la pince (respecter les couleurs de polarité)
	**interrupteur** d'arrêt/mise en service de la pince XP15
	diode indiquant la mise en service de la pince XP15

- **Étalonnage**
  - brancher la pince sur le fil du neutre (ou de la face) directement en sortie du CPI (série XM) ou du XGR
  - en maintenant le bouton « on » appuyé, tourner la roue de réglage jusqu'à afficher la valeur la plus élevée
- **Localisation du défaut**
  - sonder les fils de branche en branche en descendant de la source d'alimentation vers les récepteurs
  - le défaut se situe **dans la branche où la valeur affichée est la plus élevée**
- **Dysfonctionnements et solutions**
  - affichage 19 avec chiffre 9 clignotant → *réduire la sensibilité*
  - affichage à 2 chiffres clignotants (peu visibles) → *changer la batterie*

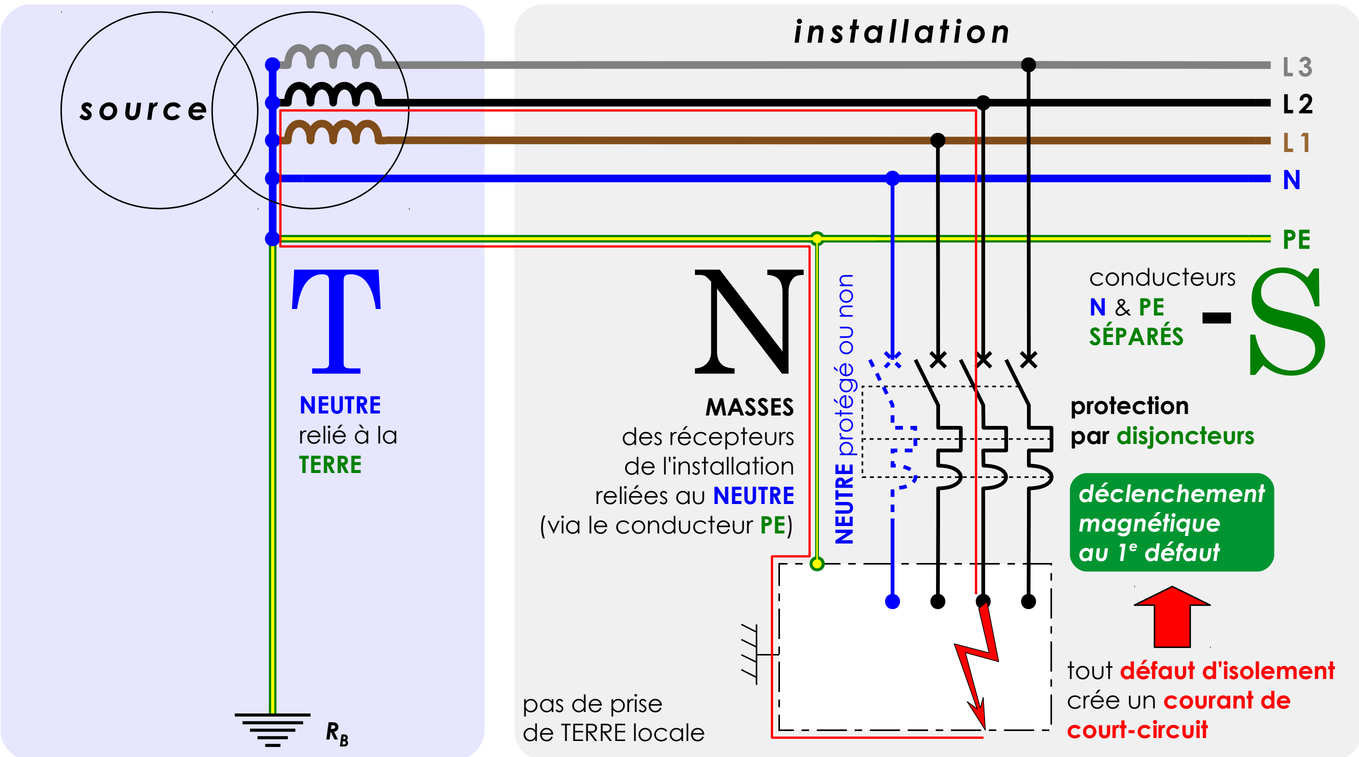
4 – Synoptique des schémas des liaisons à la terre

4.1. Le schéma TN

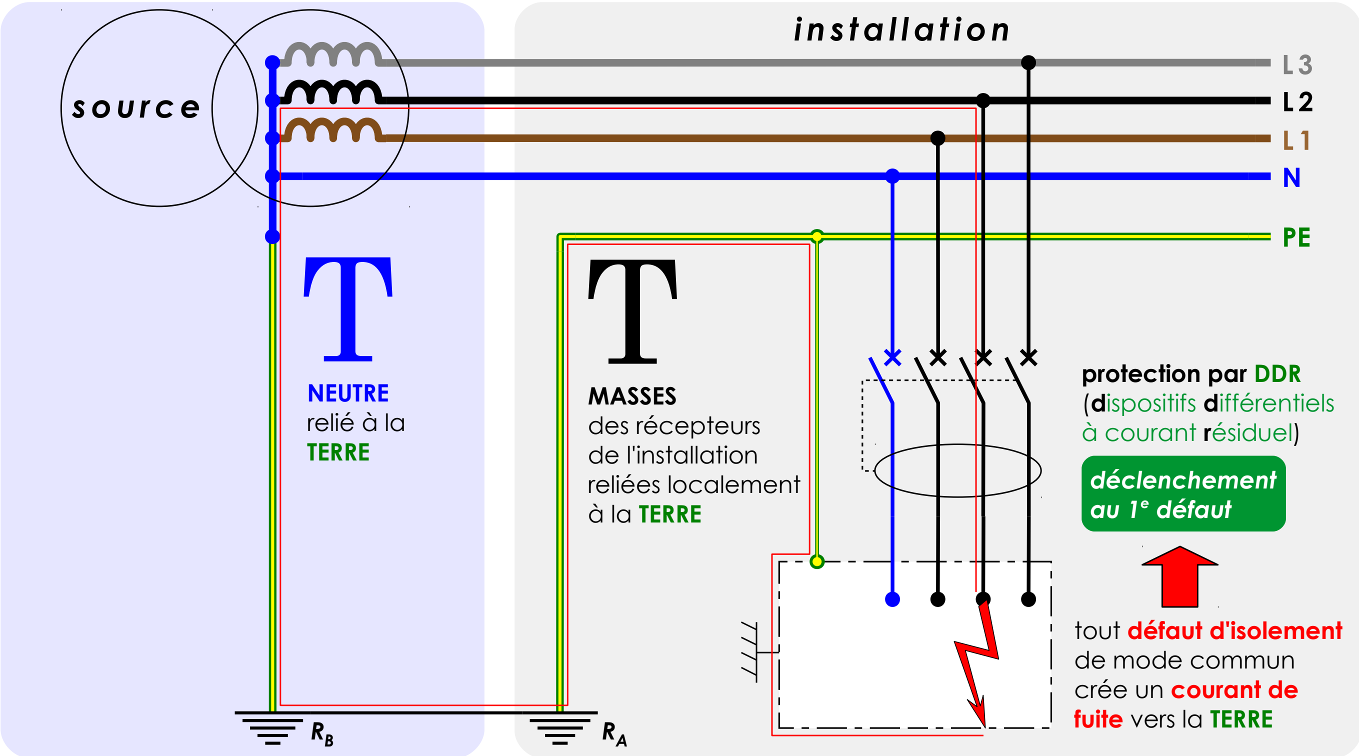
▣ ***Variante TN–C***



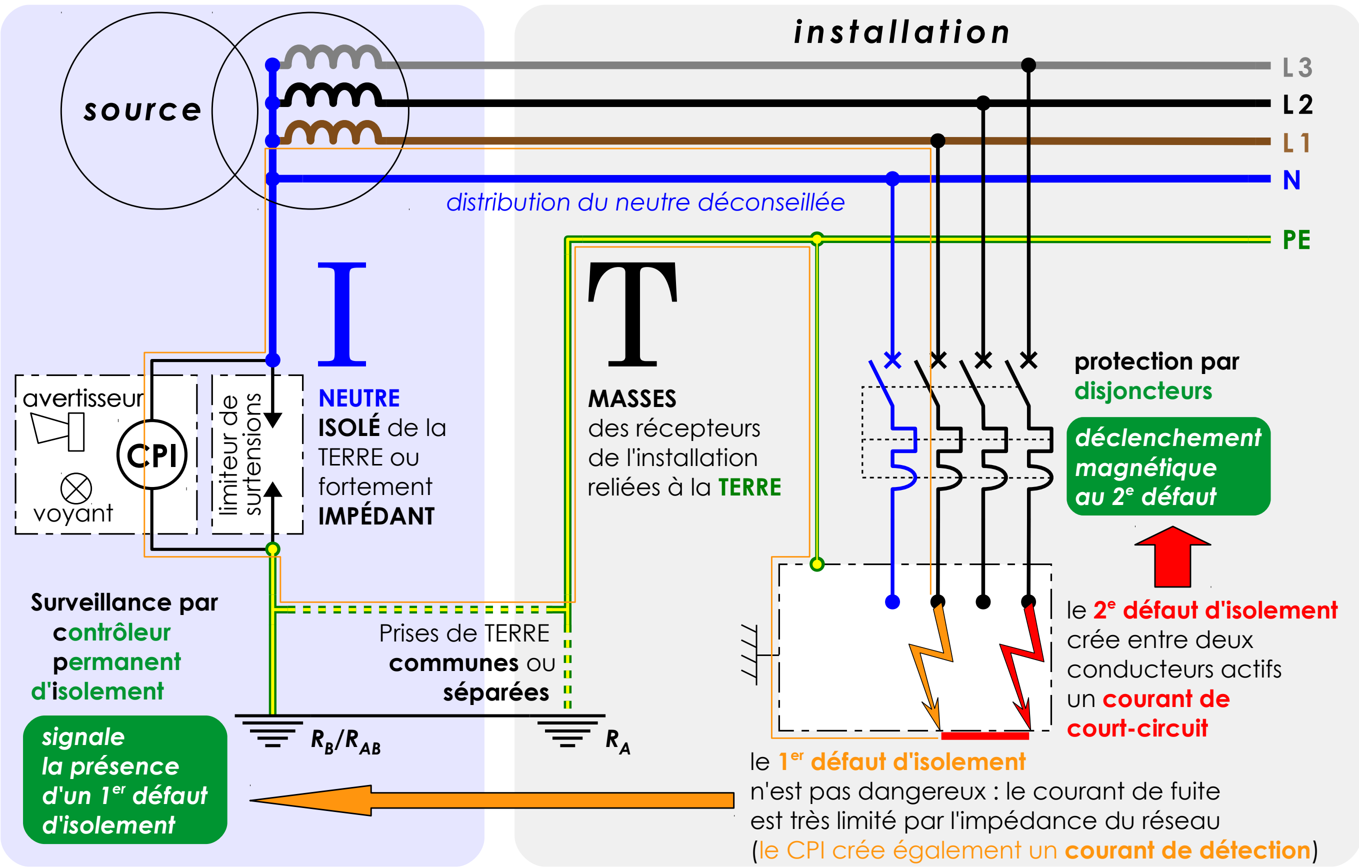
▣ ***Variante TN–S*** *(obligatoire si la section des conducteurs est inférieure à 10 mm² de cuivre)*



4.2. Le schéma TT



4.3. Le schéma IT



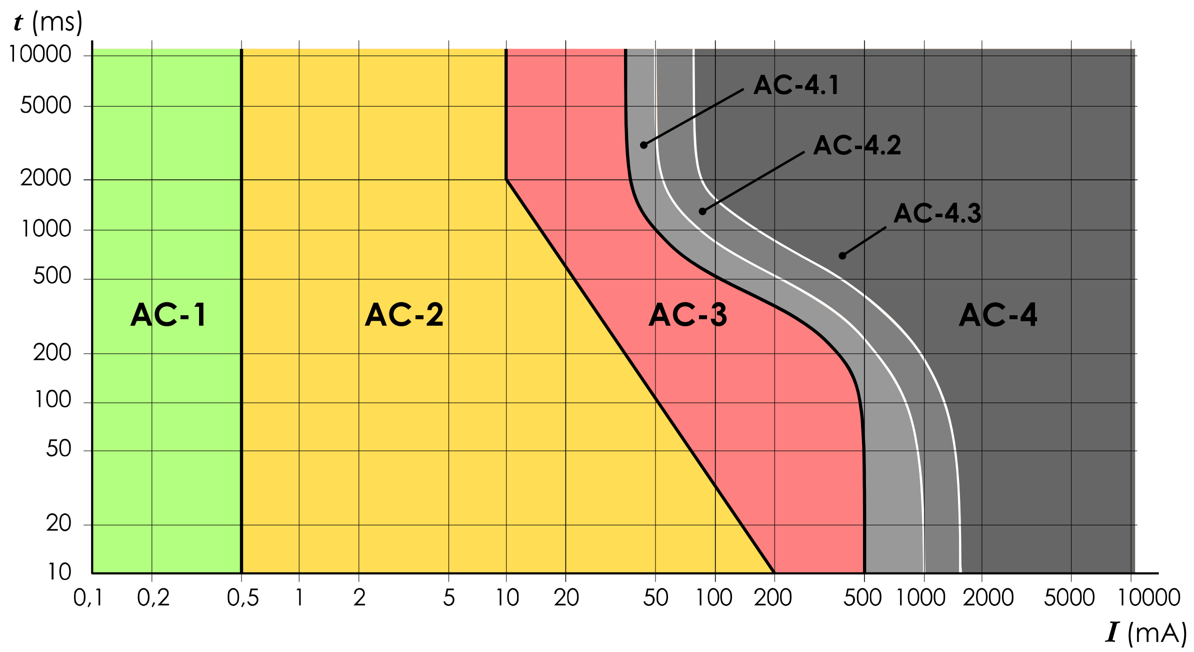
5 – Éléments de prévention des risques électriques (CEI 60 479)

5.1. Effets du courant électrique alternatif 50 Hz sur le corps humain

▣ Tableau synthétiques

Principaux effets physiologiques constatés pour un courant traversant le corps	d'intensité I (mA)	durant t (ms)
sensation très faible (picotements...)	0,5	
choc au toucher (reflex de rétractation)	8	
contraction musculaire des membres (crispation durable)	10	300000 (300 s)
paralysie du système respiratoire (tétanisation de la cage thoracique)	30 300	30000 (30 s) 100
fibrillation ventriculaire	40 75 500	3000 (3 s) 1000 (1 s) 100
arrêt cardiaque, brûlures profondes, décomposition du sang	1000	30
destruction du système nerveux	2000	10

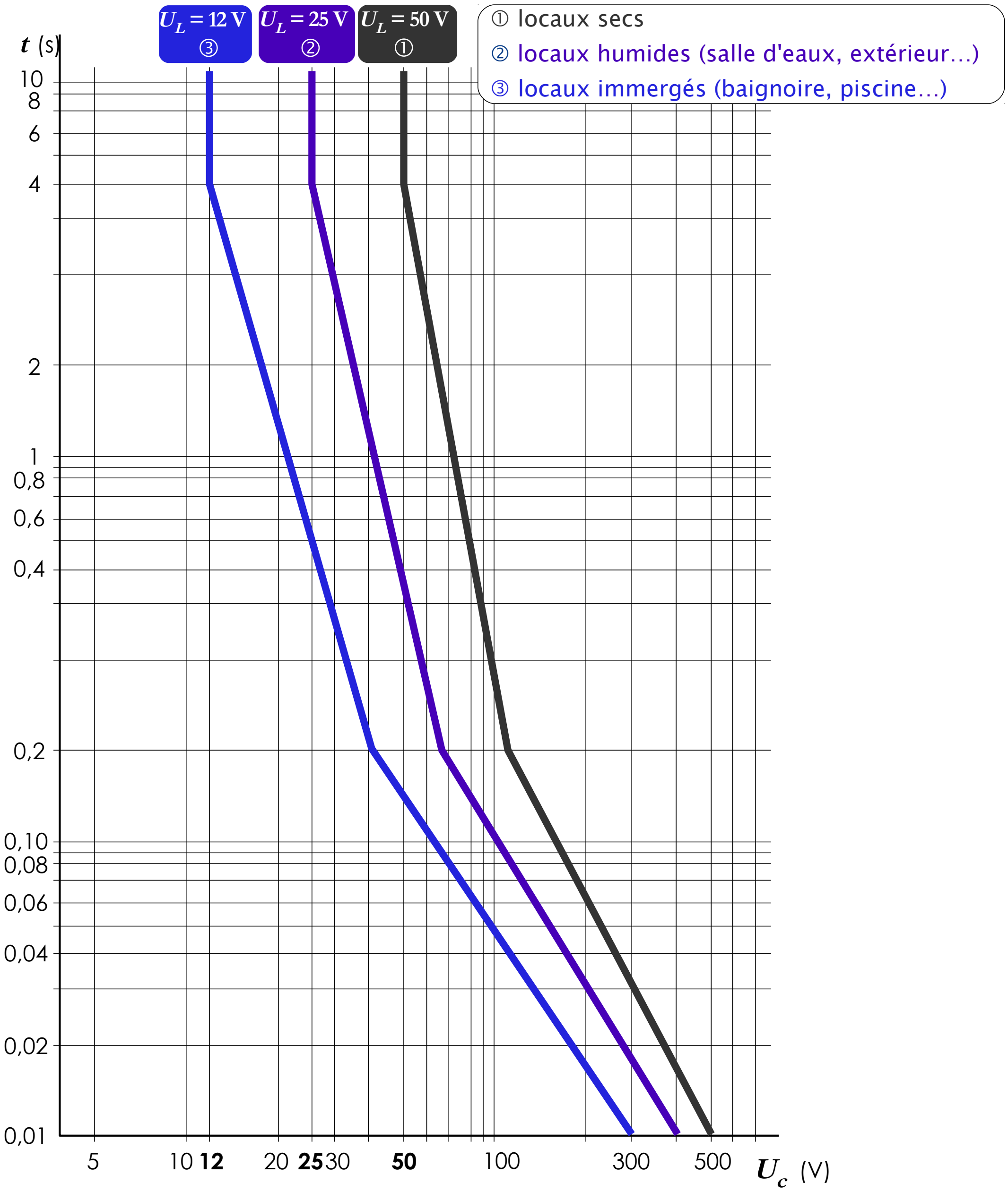
▣ Zones normalisés AC



Zone	Principaux effets physiologiques constatés
AC–1	aucune réaction
AC–2	sensations désagréables mais pas d'effets physiologiques dangereux
AC–3	tétanisation musculaire avec risque de **paralysie respiratoire** mais sans fibrillation ventriculaire
AC–4	**fibrillation ventriculaire** probable de 0 à 5% (AC–4.1), de 5 à 50% (AC–4.2), de 50 à 100% (AC–4.3) possibilités d'arrêt respiratoire, d'arrêt cardiaque, de brûlures graves, etc.

5.2. Valeurs normalisées des tensions de contact U_c réputées non dangereuses

Ces valeurs, calculées par loi d'Ohm en fonction de la résistance du corps humain, dépendent de l'**humidité ambiante** (locaux de type ①, ②, ou ③) et de la **durée de contact** t (les effets du courant sont d'autant plus graves que le temps de passage dans le corps est long). Celles données au delà de 5 secondes sont appelées ***tensions limites conventionnelles de sécurité*** U_L . (Elles définissent aussi le seuil du domaine de la Très Basse Tension (TBT), réputée non dangereuse en cas de contact accidentel.)



5.3. Temps maximaux de coupure des appareils de protection

C'est le temps maximal que doit prendre la coupure par les appareils de protection lorsqu'un défaut d'isolement engendre une tension de contact donnée.

	tension de contact U_c (V)	12	25	50	75	90	120	230	280	400	500
temps maximal de coupure t_c (s)	① locaux secs	> 5	> 5	> 5	0,6	0,45	0,34	0,17	0,12	0,07	0,01
	② locaux humides	> 5	> 5	0,48	0,48	0,25	0,15	0,05	0,02	0,01	
	③ locaux immergés	> 5	0,5	0,13	0,48	0,05	0,03	0,01	0,01		